

## 벼 乾畚直播 栽培時 中間落水가 生育 및 倒伏에 미치는 影響

崔旻圭\* · 金尙洙\* · 李善龍\* · 崔善英\*\*

### Influence of Midsummer Drainage on Growth and Lodging of Rice in Direct Seeding on Dry Paddy

Min Gyu Choi\*, Sang Su Kim\*, Seon Yong Lee\* and Sun Young Choi\*\*

**ABSTRACT** : To investigate the effect of the midsummer drainage method on growth and lodging characters, Dongjinbyeon was direct seeded on dry paddy field under 4cm of soil depth at May 1 by seeding machine. Three kind of drainage methods were treated such as, once in 20day, twice in 20, 30 days and 3 times 20, 30, 40 days after flooding.

As increase the drainage times, the culm and internode length were shorter, culm wall of 4th internode was thicker, breaking weight was heavier, height of center weight was lower, lodging index was reduced, and dry weight of root was increased. Field lodging occurred seriously at none drainage but didn't, with two or three times of drainage. Grain yield was not shown significantly different compared with constant flooding irrespective of midsummer drainage times.

Therefore two or three times of midsummer drainage could be recommended as the effective water management for the reduction of lodging occurrence in direct seeding culture on dry paddy field.

**Key words** : Rice, Direct seeding, Midsummer drainage, Lodging

우리나라는 UR 타결 결과 1995년부터 쌀 消費 量의 1%인 51千ton이 輸入되고, 每年 0.25%씩 增加하여 1999년에는 2%를 輸入해야 할 實情에 있다. 이에 對應하기 위하여는 쌀 生産費 節減을 위한 栽培技術 開發과 더불어 良質米 生産技術 體系確立이 時急하다고 할 수 있다. 生産費 節減을 위하여는 育苗 移秧勞力을 節減할 수 있는 直播栽培가 不可避한 實情이나 直播栽培에 있어서 栽培 技術上의 問題點으로 대두되는 것은 立毛 不安定, 雜草防除, 倒伏 等이다. 이 중에서 倒伏은 收量의 安定性 및 良質米 生産에 致命的인 沮害要因으로 作用하고 있어 直播栽培에 있어서 立毛의 安定化

및 雜草防除 技術開發과 아울러 倒伏被害를 輕減 시킬 수 있는 技術開發이 時急히 要請되고 있다.

벼의 直播栽培에 있어서 倒伏은 機械收穫時 作業能率을 減少시킬 뿐 아니라, 收量과 品質을 떨어뜨리는 要因으로 作用하여<sup>17)</sup>, 育苗 및 移秧作業의 省略을 통한 勞動力 節減效果를 상쇄시키게 되므로 直播栽培의 成功與否는 倒伏의 防止與否에 의해 左右된다 해도 過言이 아니다.

벼의 倒伏은 氣象 특히 登熟期의 비바람에 따라 크게 影響을 받으며, 栽培樣式과 品種, 施肥量, 分施方法, 栽植密度, 물管理 等の 栽培法, 病蟲害 被害程度, 栽培類型 等に 따라 큰 差異가 있다고 報

\* 湖南農業試驗場 (National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-070, Korea)

\*\* 全北大學校 農科大學 (Dept. of Agronomy, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea)

告<sup>5,6,22,23</sup>) 되었다. 移秧栽培에서의 倒伏은, 登熟이 進展됨에 따라 이삭이 무거워지고, 이에 따라 荷重은 增加되는 한편 葉초 및 줄기는 老化하여 挫折重이 가벼워져 비바람에 의하여 下位節間이 휘어지는 灣曲倒伏과 부러지는 挫折倒伏의 境遇가 대부분이나 直播栽培에서는 줄기가 땅속에 埋沒되는 깊이가 얕거나 湛水 表面直播의 境遇와 같이 줄기가 전혀 埋沒되지 않아 土壤의 줄기 支持力이 낮아 뿌리부분이 넘어지는 根部倒伏이 發生하는 境遇가 많다<sup>4,11</sup>). 倒伏이 發生되면 養分의 轉流가 沮害되고, 光량태세가 不良하게 되어 光合成이 低下되며, 呼吸作用이 增加되어 登熟 및 米質이 低下되고 收量이 떨어지며<sup>4,7,8</sup>) 機械收穫 作業이 어렵게 된다.

倒伏을 輕減시키기 위하여 施肥量, 施肥方法, 栽植密度, 물管理 方法 등에 의해 稈長, 특히 下位節間の 伸長을 抑制하여 倒伏을 輕減시키는 方法<sup>6</sup>), 耐倒伏性 品種 育成 普及으로 倒伏抵抗力을 增大시키는 方法<sup>16,21</sup>), 生長調節劑 등을 利用하여 倒伏을 輕減시키고자 하는 方法 등에 대한 研究<sup>1)</sup>가 推進되어오고 있으나 이들 研究는 주로 移秧栽培를 中心으로 한 研究로 直播栽培에 대한 研究는 아직 未洽한 實情이다.

따라서 本 試驗에서는 乾畚直播 栽培時 물管理 方法이 倒伏 關聯形質 및 收量에 미치는 影響을 比較·檢討하여 倒伏被害 輕減對策의 基礎資料로 活用하고자 試驗한 結果를 報告하는 바이다.

## 材料 및 方法

本 試驗은 乾畚直播 栽培時 물管理 方法을 달리하여 倒伏 및 收量에 미치는 影響을 檢討하고자, 1991년에 湖南農業試驗場 水稻圃場인 全北統에서 東津벼를 供試하여 5월 1일에 ha當 60kg의 다른種子를 트랙터附着 細條播機로 條間 25cm 간격으로 畦立播種하였다. 窒素는 160kg/ha을 基肥-5葉期-幼穗形成期에 각각 40-30-30%의 比率로 分施하였으며, 磷酸 90kg/ha, 加里 110kg/ha을 磷酸은 全量基肥, 加里는 基肥-穗肥에 각각 70~30%의 比率로 分施하였다. 雜草防除을 위하

여 播種後 3일에 마세트 유제를 土壤處理하고 播種後 50일에 밧사그란 수화제를 處理하였으며 播種後 乾畚狀態를 維持하다 벼 3葉期에 湛水를 始作하였다. 落水는 常時湛水를 對比로 하여 1回(湛水後 20日), 2回(湛水後 20, 30日), 3回(湛水後 20, 30, 40日) 處理하고 落水期間은 氣象條件에 따라 3~5일로 하였다.

倒伏關聯形質 調査는 出穗後 20일에 反復當 30個體씩 3反復을 採取하여 水高<sup>3)</sup>의 方法에 따라 稈壁두께 및 稈太는 dial-gauge(0.01~10 mm)로, 挫折重은 平型挫折強度 測定器로 第4節間の 中央部分을 葉초를 除去하고 測定하였으며, 뿌리調査는 出穗期에 30×50cm 面積을 地表에서 0~5, 5~10, 10cm以下로 區分하여 3反復을 調査하였다. 圃場倒伏은 出穗後 30일에 이삭목경사 10%未滿을 0으로 하고 완전히 땅에 갈린 狀態를 9로 하는 等 倒伏程度에 따라 6段階로 調査하였다.

其他 栽培管理는 湖南農業試驗場 標準栽培法<sup>2)</sup>에 準하였으며, 調査方法은 農村振興廳 農事試驗 研究 調査基準<sup>13)</sup>에 따라 實施하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 稈長 및 節間伸長

落水回數를 달리하였을때 稈長 및 節間長의 變化를 表 2에서 보면 稈長은 落水回數가 많을수록 짧아지는 傾向이었는데 3回 落水에서는 常時湛水에 比하여 6.6cm가 짧아 常時湛水 對比 7.6%의 稈長短縮을 보였다. 이는 森谷<sup>12)</sup>의 報告와 같이 落水回數가 많을수록 乾畚期間이 길고 乾畚回數가 많아 乾畚期間에 窒酸化된 窒素가 湛水時에 脫窒되었기 때문에 窒素吸收量이 적어 節間 伸長期에 稻體의 窒素含量이 적었기 때문으로 생각된다.

節間長은 常時湛水에 比하여 3回 落水時 第1節에서는 0.6cm로 3%의 短縮率을 보였으나, 倒伏과 가장 關係가 깊은 第4節間과 第5節間の 短縮程度는 각각 0.9cm, 1.2cm로 각기 8%, 18%의 短縮을 보여 姜 등<sup>5)</sup>, 朴 등<sup>15)</sup>의 報告와 一致하는 結果였다.

Table 1. Outline of meteorological conditions every 5days after heading date

Item	August		September					October		
	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2
Average temp.(℃)	24.9	23.7	23.9	23.0	21.8	20.1	19.0	17.2	17.8	15.1
Precipitation(mm)	32.5	0	140.0	21.0	0	5.0	79.0	0	0	0

Table 2. Culm and internode length of rice plant affected by different drainage times

Drainage times	Culm length	Internode length (cm)*					Total
		N1	N2	N3	N4	N5	
0	87.3	33.4	18.6	12.8	10.9	6.8	82.5(100)**
1	84.0	32.4	18.6	12.6	11.2	7.2	82.0 (89)
2	83.6	32.4	18.7	12.9	10.3	6.7	81.0 (88)
3	80.7	32.7	18.0	12.0	10.0	5.6	78.3 (85)

\* : N1-N5 means the order of internode from the top

\*\* : Figures in parentheses indicated percent value to the control

Table 3. Percent contribution of different internode lengths affected by different drainage times

Drainage times	N1	N2	N3	N4	N5	Total
0	40	23	16	13	8	100
1	40	23	15	14	8	100
2	40	23	16	13	8	100
3	42	23	15	13	7	100

全體 節間長에 대한 各 節間의 分布比를 보면 表 3에서와 같이 常時湛水와 1回 落水處理에 比하여 2~3回 落水處理에서 上位 節間長 比率이 크고 下位 節間長 比率이 적어 落水回數가 많을수록 倒伏抵抗性 增大에 有利한 것을 알 수 있었다.

以上の 結果로 보아 中間落水處理는 稈長, 특히 下部 節間長을 短縮시켜 倒伏抵抗性을 增加시키는 것으로 생각되었다.

## 2. 뿌리량 및 土層別 分布比率

落水處理에 의한 뿌리량 分布는 表 4에서와 같이 落水回數가 많을수록 뿌리량이 현저하게 增加되는 傾向으로 落水回數에 따라서 15~38%가 增加되었다. 土層別 뿌리의 分布比率은 常時 湛水 對比 10cm 以上 表土의 分布率은 落水處理에서 적었으나 10cm 以下の 深土에서는 常時湛水보다 落水處理 回數가 많을수록 分布比率이 增加하는

傾向이었다. 따라서 뿌리량 및 뿌리分布比率로 볼 때 中間落水 處理를 2~3回 하는 것이 常時湛水보다 全體 뿌리량이 많고 뿌리의 深層 分布比率이 높아 倒伏輕減에 有利하다고 생각된다.

北條 등<sup>4)</sup>도 벼 倒伏과 關聯된 뿌리의 特性은 量이 많고 굵어 引張強度가 크며 生育後期까지 뿌리의 活力이 높은 것이 倒伏抵抗力이 크다고 報告한 바 있다.

## 3. 稈의 形質變異 및 圃場 倒伏程度

中間落水回數에 따른 稈의 形質變異는 表 5에서와 같이 常時湛水에 比하여 中間 落水處理時 줄기의 굵기는 多少 가늘어지는 傾向이었고 落水回數에 따른 稈壁두께는 落水回數가 많을수록 두꺼워지는 傾向으로 常時湛水에 比하여 3回 落水處理에서 0.05~0.06mm (8~10%)가 두꺼웠다.

한편 重心高는 落水回數 增加에 따라 낮아지는

Table 4. Root distribution in different soil depth affected by different drainage times

Drainage times	D.W of root (g/m <sup>2</sup> )				Root distribution rate (%)			
	0~5	5~10	10~15	Total	0~5	5~10	10~15	Total
0	78.4	16.5	5.4	100	78	16	6	100
1	94.4	14.3	6.3	115	82	12	6	100
2	96.8	13.6	9.9	120	80	11	8	100
3	112.5	14.7	10.8	138	82	11	8	100

Table 5. Lodging characters and field lodging index affected by different drainage times

Drainage times	Ht. of center gravity	Top weight per culm	Panicle weight	Break-ing wt. of N4	Culm diameter		Thick-ness of N4 culm wall	Lodging index	Field lodging
					Short	Long			
	cm	g	g	g	mm	mm	mm		0~9
0	46.3	13.6	2.7	379	3.2	3.8	0.63	313	9
1	45.1	13.1	2.6	378	3.1	3.7	0.68	291	5
2	45.0	12.6	2.7	406	3.1	3.7	0.68	259	1
3	44.6	12.1	2.8	419	3.1	3.7	0.69	244	0

Table 6. Yield components and yield of rice plant affected by different drainage times

Drainage times	Heading date	No. of panicle per m <sup>2</sup>	No. of grain per panicle (×1000)	Ripen-ed grain ratio (%)	Wt. of 1,000 grains (g)	Green grain ratio (%)	Milled rice yield (t/ha)	Yield index
0	Aug. 20	463	34.7	92	23.3	8.3	5.30	100
1	Aug. 20	457	34.1	92	23.2	5.4	5.25	99
2	Aug. 20	455	34.3	93	23.3	2.8	5.28	100
3	Aug. 20	435	33.1	93	23.3	1.2	5.28	100

傾向을 보였으며, 生體重도 落水回數가 많을수록 가벼워지는 傾向이었고 落水回數에 따른 挫折重은 落水回數가 많을수록 增加하여 常時湛水 379g에 比하여 3回落水時 419g으로 11% 增加하였는데 이는 落水回數가 많을수록 稈壁의 두께가 두꺼워진데 基因된 것으로 생각된다.

따라서 倒伏指數는 常時湛水가 가장 크고 落水回數가 많을수록 적어지는 傾向이었다.

出穂後 35일에 降雨을 同伴한 強風으로 圃場倒伏이 誘發되었는데 常時湛水에서는 9程度로 根部倒伏이 甚하게 發生되었으나 2回 落水處理에서는 2程度로 輕微한 倒伏이 發生하였고 3回 落水處理에서는 發生되지 않았다. 이는 落水回數가 많을수록 稈壁이 두껍고 稈長이 짧으며 挫折重이 무거웠

기 때문에 생각되며, 이는 崔 등<sup>1,10,11,18)</sup>이 報告한 稈壁이 두껍고 稈長이 짧으며 挫折重이 무거우면 倒伏이 抑制된다는 內容과 같은 傾向이었다.

#### 4. 生育 및 收量

中間落水回數에 따른 生育 및 收量を 表 6에서 보면 出穂期는 落水回數間에 差異가 없었으나, 穗數는 落水回數가 많을수록 減少하였다. 單位面積當 粒數는 常時 湛水에 比하여 1回 및 2回 落水時에는 큰 差異가 없었으나 3回 落水時에는 多少 減少되었는데 이는 落水回數가 많을수록 肥料의 流失量이 많아 養分吸收量이 적었기 때문에 생각된다.

한편 登熟比率 및 玄米 千粒重은 倒伏發生이 甚

하였던 常時湛水나 倒伏發生이 輕微하였던 落水處理에 있어서 別 差異가 없었으며 이에 따라 收量도 別 差異가 없었는데 이는 倒伏 發生時期가 登熟後期(出穗後 35日)이었고 또한 倒伏後에 降雨가 없어 穗發芽나 其他 障礙가 輕微하였기 때문으로 생각된다 (표 1). 한편 玄米中の 青米量을 보면 落水回數가 많을수록 常時湛水에 比하여 적어지는 傾向이었는데 이는 落水回數가 많을수록 倒伏이 輕微하였기 때문으로 생각된다.

以上の 結果에서와 같이 2~3回 中間落水處理는 稈長 특히 下位 節間長을 短縮시키고, 稈壁두께 및 挫折重을 增加시키며 倒伏抵抗性を 增加시켜 倒伏을 輕減시키는 效果가 매우 컸다. 따라서 乾畚直播 栽培時는 湛水後 20日頃부터 10日間隔으로 2~3回の 中間落수를 하는 것이 倒伏防止를 위한 效果的인 水管理 方法으로 생각되었다.

## 摘 要

乾畚直播 栽培時 中間落水處理가 倒伏에 미치는 影響을 究明하고자 1991년에 東津벼를 供試, 5月 1日에 畦立 細條播하고, 播種後 30日에 湛水하고 湛水後 20日부터 10日間隔으로 1~3回 落水處理하여 倒伏關聯形質 및 收量を 檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 稈長 및 節間長은 落水回數가 많을수록 짧아지고 稈壁는 두꺼워졌으나, 줄기 굵기는 常時湛水에서 多少 굵었다.
2. 落水回數가 많을수록 重心高는 낮아지고 挫折重은 무거워서 倒伏指數는 적어졌으며, 落水回數가 많을수록 뿌리량이 많아지고 뿌리의 深層 分布比率이 높아지는 傾向이었다.
3. 倒伏은 常時湛水에서는 甚하게 發生되었으나 落水回數가 많을수록 輕減되어 2~3回 落水處理에서는 倒伏이 發生되지 않았거나 輕微하였다.
4. 收量은 登熟後期(出穗後 35日)에 倒伏이 發生되어 常時湛水와 落水處理間에 差異가 없었으나, 玄米中の 青米比率은 落水回數가 많을수록 減少되는 傾向이었다.

5. 따라서 乾畚直播 栽培時 湛水後 20日부터 10日間隔으로 2~3回 中間落水 處理하는 것이 倒伏防止를 위한 適切한 水管理 方法이라고 생각된다.

## 引用文獻

1. 崔忠惇, 金純哲, 李壽官. 1991. 벼 直播栽培에서 uniconazole 處理가 倒伏에 미치는 影響. 農試論文集(水稻篇) 33(3):81-86.
2. 湖南作物試驗場. 1991. 農業科學技術 試驗研究報告書:10-14.
3. 水高信雄. 1968. 水稻의 倒伏と被害의 發生機構に關する 實驗的研究. 農技研 A15號 : 1-175.
4. 北條良夫, 星川清親. 1979. 作物-その形態-下卷 農業技術協會. 東京
5. 姜良淳, 朴啓淵, 鄭鍊泰, 朴來敬. 1983. 벼 多收型 新品種 “曙光”에 對한 이삭거름이 倒伏 및 收量形質에 미치는 影響. 農試研報(作物篇) 25:118-123.
6. 金達壽外 3人. 1967. 水管理에 依한 水稻 倒伏防止 試驗. 湖試研報 492-506.
7. 李文熙, 鄭龍鎬, 朴錫洪, 朴來敬. 1986. 벼 倒伏이 收量 및 쌀의 品質에 미치는 影響. 農試論文集(作物) 28(1):63-67.
8. 李文熙, 李鐘薰. 1986. 作物 生産性 向上을 위한 生長調節劑 利用의 現況. 農業科學 심포지움. 103-113.
9. 林俊澤, 權炳善, 鄭炳官. 1991. 벼 倒伏關聯形質과 圃場倒伏과의 關係. 韓作誌 36(4):319-323.
10. 林俊澤, 李洪宰, 曹光石, 宋東錫. 1992. 벼 倒伏에 關與하는 形質分析. 韓作誌 37(1):78-85.
11. 三石 昭, 井村光夫. 1982. 水稻湛水直播における諸問題(2). 農業および園藝 57(12):43-48.
12. 森谷陸夫. 1962. 東北地方の 水稻乾田直播の研究と問題點. 農業技術 17(1): 16-19.

13. 農村振興廳. 1983. 農事試驗研究 調査基準.
14. 오세문, 이효승. 1984. PP-333이 水稻 倒伏形質에 미치는 影響. 試驗研究報告書(農藥研究所) p.221-226.
15. 박래경, 박진구, 이계홍. 1973. 移秧畝에 있어서 벼 品種 및 栽培方法이 倒伏 抵抗性에 미치는 影響. 農試研報 15:45-54.
16. Park, P.K., J.K. Park and K.H. Lee. 1973. Effect of lodging resistance for the rice varieties and cultural practices in transplanted rice, Res. Rept. RDA(crops) 15:45-54.
17. Pinthus, M.J. 1973. Lodging in wheat, barley, and oats : The phenomenon, its causes and preventive measures, Advances in Agronomy 25:209-263.
18. 蘇在敦, 金年軫, 崔洙日. 1983. 벼 節間의 強度가 倒伏抵抗性에 미치는 影響. 韓作誌 28 (1):94-99.
19. Toshiaki, M., H. Kawahara and N. Chonam. 1983. Histological observations of breaking process and slip plants formation with polished thin sections. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan. 52(4):521-528.
20. Toshiaki, M., H. Kawahara and N. Chonam. 1984. Structure and breaking resistance of lower internodes grown in different environments. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan. 53(1):71-78.
21. Yamada, M. and T. Ohkubo. 1977. Studies of lodging in paddy rice cultivated on the upland field under Irrigation. J. Cent. Agric. Exp. Stn. 26: 1-26.
22. 山本健吾, 氏家四郎. 1958. 水稻倒伏原因とその對策(Ⅰ), 農業及園藝, 33(5): 758-762.
23. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1958. 水稻倒伏原因とその對策(Ⅱ), 農業及園藝, 33(6): 901-903.